

УДК 691.3

Е.С.СКРИПНИК, С.М.ЗОЛОТОВ, канд. техн. наук
Харьковская национальная академия городского хозяйства

РАБОТА АДГЕЗИИ И АДГЕЗИОННАЯ ПРОЧНОСТЬ АКРИЛОВЫХ КЛЕЕВ

Рассматриваются факторы, оказывающие прямое воздействие на адгезию акриловой композиции. Описаны методы испытаний клеевых соединений, а также показано влияние состава акрилового клея на его адгезионную прочность.

Розглядаються фактори, що мають безпосередню дію на адгезію акрилової композиції. Описано методи випробувань клейових з'єднань а також показано вплив складу акрилового клею на його адгезійну міцність.

The article identified the factors that have a direct effect on the adhesion of acrylic composition. Methods are described for testing bonded joints and also show the effect of composition on the adhesion strength of acrylic adhesive.

Ключевые слова: акриловая композиция, адгезия, работа адгезии, адгезионная прочность, связующее, наполнитель.

Применение клеевых соединений во время строительства, реконструкции зданий и сооружений способствует повышению производительности труда, экономии материальных, трудовых и энергетических ресурсов, а также сокращению ручного труда в строительном производстве. Акриловые клеи в сравнении с эпоксидными и полиуретановыми являются весьма важной группой конструкционных клеев благодаря их быстрому отверждению и высокой прочности.

Большинство исследований в области когезионных, адгезионных и других свойств клеев в основном касаются эпоксидных смол. Акриловые композиции холодного отверждения, имеют достаточно широкое распространение в отрасли строительства и реконструкции, но существует необходимость в дальнейшем изучении клеевого материала с целью повышения адгезии, когезии и прочности соединений.

В состав композиции входит полимерное связующее и наполнитель. Основой связующего был принят порошкообразный полимер, представляющий собой суспензионный полиметилметакрилат, содержащий инициатор 2,0% пероксида бензоила. Жидкая мономерная часть состоит из метилметакрилата, дополнительно содержащая активатор отверждения (3,0% диметиланилина) и ингибитор (0,02% гидрохинол). В качестве наполнителя принимался кварцевый песок модулем 0,14-0,63 мм, а также отходы металлургического и литейного производства [1].

Адгезия зависит от разных причин: характера протекания химических или физических процессов в клеевом слое [2], образования новой

фазы на границе раздела фаз и воздействия внутренних и внешних напряжений на клеевой слой, а также от характера последовательности функциональных групп полимеров, являющихся связующими клеев и других материалов.

Количественно адгезия характеризуется удельной работой [3], т.е. это работа, затрачиваемая на преодоление сил взаимодействия между молекулами двух различных конденсированных фаз (рис.1), приводящая к образованию двух новых поверхностей раздела фаз единичной площади:

$$W_{адг} = \sigma_{ж-г} + \sigma_{м-ж} - \sigma_{м-г}. \quad (1)$$

Данное уравнение называют уравнением Дюпре. При этом следует учитывать, что полная работа адгезии ($W^*_{адг}$), характеризующая энергию, затрачиваемую на разрыв адгезионного контакта площадью S , определяется по формуле

$$W^*_{адг} = W_{адг} \cdot S. \quad (2)$$

Таким образом, адгезионная прочность $W_{ан}$ не тождественна работе адгезии, так как фактически является работой, затрачиваемой на разрушение реального адгезионного соединения. В адгезионную прочность помимо работы разрыва межмолекулярных связей ($W^*_{адг}$) входит работа, затрачиваемая на деформацию компонентов адгезионного контакта ($W_{деф}$), которая экспериментально определима и далее представлена как адгезионная прочность

$$W_{ан} = W^*_{адг} + W_{деф}. \quad (3)$$

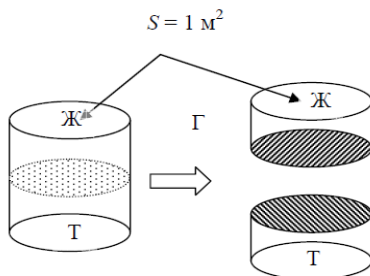


Рис.1 – К определению работы адгезии

При расчетах очень важно учитывать, что для реальных адгезионных соединений работа деформации в несколько раз выше самой работы адгезии:

$$W^*_{адг} < W_{деф}. \quad (4)$$

Так как количественный показатель адгезии можно рассчитать только как теоретическую величину, более точной характеристикой

этого свойства является адгезионная прочность. Она определяется экспериментально различными методами отрыва клевого слоя от подложки и не равна адгезии. Адгезионная прочность клея является величиной, измеряемой при нарушении связи между адгезивом и субстратом.

Методы оценки адгезионной прочности клея основаны на механическом разрушении соединения на границе раздела фаз. Это разрушение может иметь адгезионный, когезионный или смешанный характер [4].

При определении адгезионной прочности акриловых клеев исследования проводились тремя методами: испытания клеевых соединений бетонных образцов на срез; при равномерном отрыве металлических штампов, приклеенных к бетону; при равномерном отрыве друг от друга двух металлических шайб, склеенных между собой (рис.2).

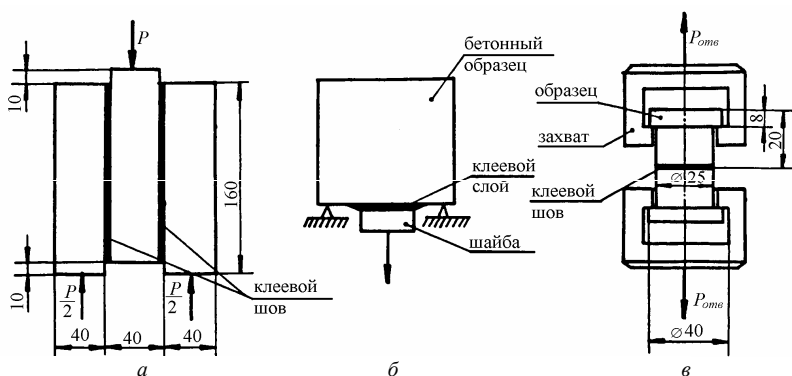


Рис.2 – Схема испытаний клеевых соединений на:
а – сдвиг; б, в – равномерный отрыв.

При определении прочности путем испытания на срез клеевых соединений в качестве образцов применялись балочки размером 40х40х40 мм, изготовленные из бетона класса В15, В20 и В30. Балочки склеивались акриловым клеем, толщина клеевого слоя составила 2 мм, площадь склеивания $F_{скл} = 60 \text{ см}^2$. Испытания образцов проводились через трое суток отверждения клея при температуре окружающей среды $20 \pm 20^\circ \text{C}$ по схеме, приведенной на рис.2, а.

Адгезионную прочность определяли по формуле

$$\sigma_{сдв} = \frac{P_{разр}}{2F_{скл}}, \quad (5)$$

где $P_{разр}$ – разрушающее усилие.

Во втором случае адгезионная прочность определялась методом равномерного отрыва металлических штампов диаметром 50 мм, приклеенных к поверхности бетонных образцов акриловым клеем. Исследования проводились на кубах с размером ребра 100 мм. Кубы изготавливались из бетона класса В15, В20 и В30. Испытания проводились по схеме, представленной на рис. 2, б. Величину адгезионной прочности клеевого соединения с бетоном вычисляли как отношение усилия, затраченного на отрыв штампа, к его площади:

$$\sigma_{отр} = \frac{P_{выд}}{F_{шт}}. \quad (6)$$

В третьем случае адгезионная прочность исследовалась методом равномерного отрыва друг от друга двух металлических шайб диаметром 25 мм, склеенных акриловым клеем. Металлические шайбы изготавливались из стали марки Ст.3. Испытания проводились по схеме, представленной на рис.2, в. Вид образцов, подготовленных к испытаниям, приведен на рис.3.

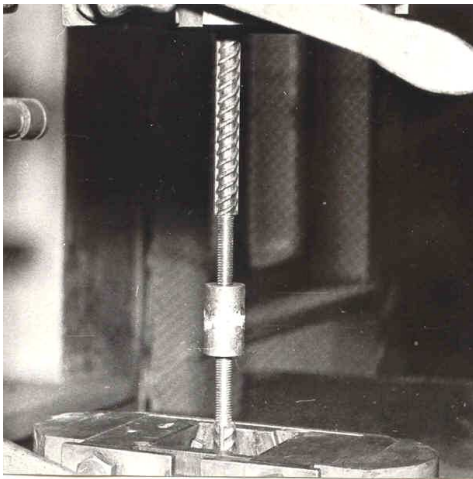


Рис.3 – Вид образцов, подготовленных к испытаниям на равномерный отрыв

По измеренной площади поперечного сечения F и разрушающей нагрузке $P_{отр}$ устанавливали предел прочности на разрыв $\sigma_{разр}$:

$$\sigma_{разр} = \frac{P_{отр}}{F}. \quad (7)$$

Результаты выполненных испытаний показали следующее. Образцы клеевых соединений, испытанные по первой и второй методике, оказались равнопрочными бетону. Прочность клеевого соединения зависит только от класса бетона. Разрушение этих соединений происходило по бетону.

Эксперименты, выполненные по первой и второй методике, показали, что состав клея не оказывает значительного влияния на прочность клеевого соединения бетон-бетон, металл-бетон.

Результаты экспериментов, выполненных по третьей методике, представлены на графиках рис.3 и показали следующее.

Разрушение всех образцов клеевых соединений штампов носило смешанный характер, т.е. частично по телу клея и частично по контакту клей-металл. Так как акриловый клей состоит из полимера, отвердителя и наполнителя, то исследовались следующие факторы, влияющие на адгезионную прочность: количество полимера; количество наполнителя (кварцевый песок); крупность зерен кварцевого песка.

На основании проведенных экспериментов установлено, что адгезионная прочность акриловых клеев с уменьшением количества полимера в нем уменьшается. Так, увеличение в клее количества полимера с 50 до 100 масс-частей привело к увеличению прочности клеевого соединения с 9,9 до 13,1 МПа (рис.4, а).

С увеличением количества наполнителя (кварцевого песка) прочность клеевого соединения падает. Так, увеличение количества наполнителя кварцевого песка с крупностью зерен 0,315 мм в клее со 150 до 400 масс-частей привело к уменьшению прочности клеевого соединения с 14,1 до 4,6 МПа (рис.4, б).

Как показали исследования, крупность зерен кварцевого песка оказывает значительное влияние на адгезионную прочность акриловых клеев. С увеличением крупности зерен наполнителя прочность клеевого соединения уменьшалась (рис.4, в). Так, введение в клей 200 масс-частей кварцевого песка крупностью 0,14, 0,315 и 0,63 мм привело к уменьшению адгезионной прочности соединения с 9,9 до 5,8 МПа, т.е. адгезионная прочность акрилового клея уменьшилась в 1,8 раза.

Данные экспериментальных исследований адгезионной прочности необходимо учитывать при определении состава акриловых клеев в случае их использования для соединений бетон-бетон или металл-бетон, или металл-металл.

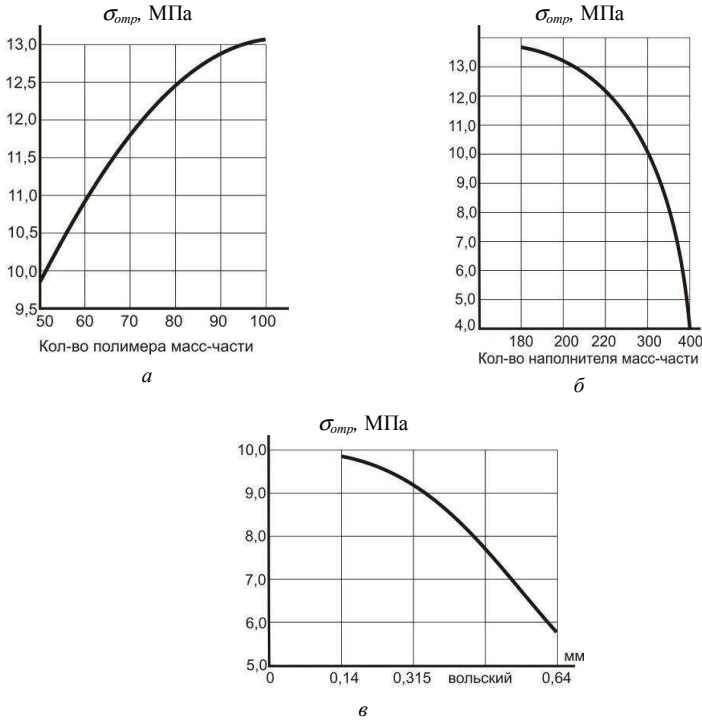


Рис.4 – Графики изменения адгезионной прочности акриловых клеев в зависимости от: а – количества полимера; б – количества наполнителя; в – крупности зерен наполнителя (кварцевого песка).

1.Золотов С.М. Акриловые клеи для усиления, восстановления и ремонта бетонных и железобетонных конструкций / С. М. Золотов // Будівельні конструкції: 36. наук. праць. Вип.59. – К. : НДІБК, 2003. – С.440-447.

2.Скрипник Е.С. Акриловые клеи как полимеры / Е. С. Скрипник, С. М. Золотов // Материалы XXXV науч.-техн. конф. преподавателей, аспирантов и сотрудников Харьков. нац. акад. городского хозяйства, 21-23 апреля 2010 г. Ч.1. Строительство, архитектура, экология, общественные науки. – Харьков: ХНАГХ, 2010. – С.71-72.

3.Скрипник Е.С. Изменение поверхностной энергии в связующем акриловой композиции / Е.С. Скрипник, С.М. Золотов // Комунальне господарство міст: Наук.-техн. зб. Вип.99. – Харків: ХНАМГ, 2011. – С.474-478.

4.Скрипник Е.С. Влияние физико-механических факторов на адгезионные свойства акриловых клеев / Е.С. Скрипник, С.М. Золотов // Материалы IX Междунар. науч.-техн. интернет-конф. «Применение пластмасс в строительстве и городском хозяйстве», 25 ноября - 25 декабря 2009 г. – Харьков: ХНАГХ, 2009. – С.22-24.

Получено 03.11.2011